



Treball de fi de màster

Títol: Disseny i creació d'una màquina de Goldberg com a projecte educatiu a 3r d'ESO

Cognoms: Gómez Gómez

Nom: Raül

Titulació: Màster en Formació del Professorat d'Educació Secundària Obligatòria i Batxillerat,
Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes

Especialitat: Tecnologia

Director/a: Joan Puig Ortiz

Data de lectura: 17/10/2019

Índex

1. Introducció i context	3
2. Proposta	4
3. Objectius	5
4. Estat de l'art i justificació del treball	5
5. Metodologia	6
5.1. Currículum 3r ESO (Maquines i mecanismes)	6
5.2. Encaix material proposat en programació de curs	7
5.3. Competències treballades a aquesta part del curs de 3r d'ESO.	7
5.4. La diversitat de l'aula	8
6. Desenvolupament del treball	10
6.1. Disseny i càlcul (aula)	10
6.2. Construcció (taller)	11
6.3. Fases del projecte	12
6.4 Resum de les fases i sessions a realitzar	24
7. Material/guia pel professor	24
8. Avaluació	25
9. Conclusions i treball de futur	27
10. Referències i bibliografia	28
11. Annexes I (dossier de treball per l'alumne)	28
12. Annexes II. Fotografies del prototip	28

1. Introducció i context

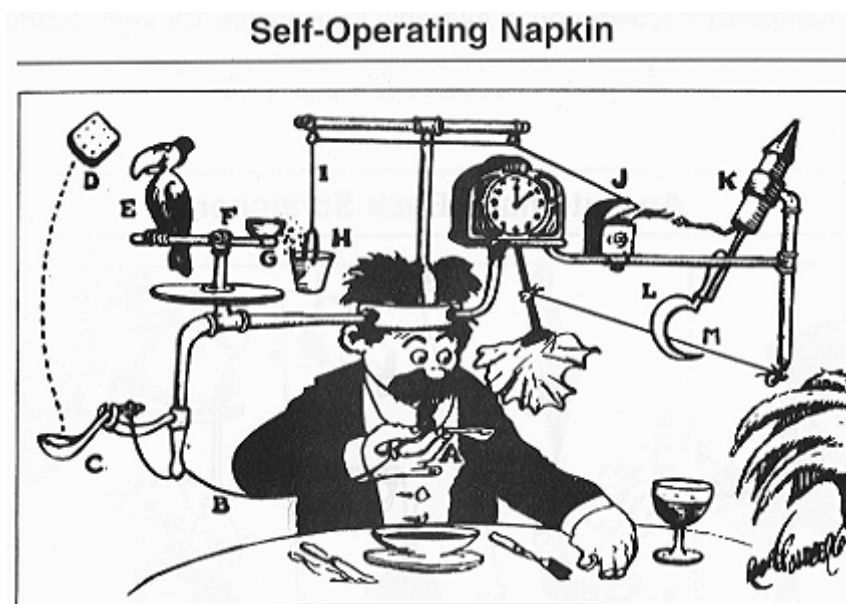
En el moment actual sembla un fet indispensable que per a considerar que un objecte és tecnològic ha de tenir connexió a Internet, ser inalàmbric i disposar de pantalles. Ja fa temps que passen a un segon pla totes aquelles andròmines que necessitaven d'un accionament mecànic i feien sorollets en el moment que és començaven a posar en funcionament.

Durant la meua curta experiència com a professor de tecnologia impartint classes d'ESO, la meua impressió ha sigut que els alumnes no troben un interès en allò que no té una vinculació directa amb un dispositiu electrònic. Quan tractàvem continguts de mecànica els trobaven avorrits o massa abstractes per entendre com funcionaven.

Si bé és cert que molts instituts disposen de material per a realitzar petites construccions de mecanismes senzills com poden ser engranatges o politges, aquests no acaben de despertar cap tipus d'interès al no tenir una finalitat més enllà de veure com varien les velocitats dels elements motrius i conduïts. És per aquest motiu que em plantejo realitzar un projecte que doni forma i sentit a la combinació de tots aquests mecanismes, amb el estudi, disseny i construcció d'una màquina de Goldberg.

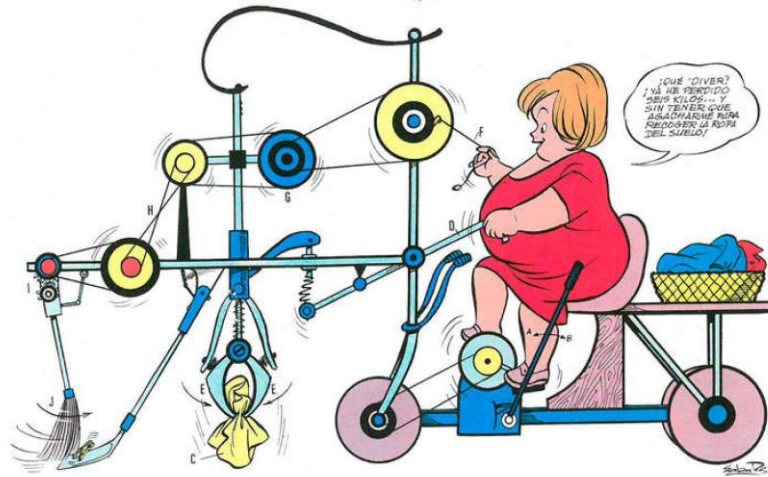
Una màquina de Goldberg és una reacció en cadena entre diferents elements i mecanismes per tal de realitzar una operació final senzilla. Dit d'una altra manera, fer que una acció tant simple com fer un clic i obrir un interruptor, es converteixi en tot un seguit de connexions entre diferents engranatges, politges i corretges que facin que aquesta acció tant simple esdevingui un complex sistema mecànic.

La primera aparició d'una màquina de Goldberg, va ser en unes il·lustracions de "*The Inventions of Lucifer Gorgonzola*" de Butts A.K de 1928, il·lustrades pel mateix Rube Goldberg. Aquestes il·lustracions representaven els invents del professor Lucifer Gorgonzola, màquines complexes que realitzaven tasques molt simples.



Rube Goldberg's "Self-Operating Napkin"(1)

En el nostre país aquest tipus d'il·lustracions també hi van arribar a principis del segle XX de la mà de TBO, on en aquest cas era el personatge del professor Franz de Copenhague qui presentava invents estrambòtics.



Il·lustració del llibre Los grandes inventos de TBO, Ramon Sabatés (2)

En aquest TFM es vol desenvolupar un projecte per a que els alumnes de 3r d'ESO donin un enfoc diferent als continguts treballats dins de la unitat didàctica de màquines i mecanismes. Que mitjançant l'estudi de cadascun d'aquests mecanismes siguin capaços de dissenyar i construir posteriorment la seva pròpia màquina Goldberg.

2. Proposta

L'objectiu d'aquest projecte és que mitjançant l'estudi dels continguts impartits dins del bloc de màquines i mecanismes del currículum de tercer de l'ESO, els alumnes siguin capaços de crear un dispositiu que combini tots aquests elements.

Aquest fet s'aconseguirà mitjançant la construcció per part dels alumnes d'una màquina, en la que una bola d'acer anirà accionant diferents mecanismes per finalment realitzar una acció senzilla, com pot ser l'encendre una bombeta. La màquina constarà de diferents seccions on hi intervindran diferents mecanismes, en les diferents sessions del projecte s'anirà treballant aquest mecanismes tant a l'aula en un format més teòric, com en el taller en la seva part més pràctica de construcció de la màquina basant-se en el dissenys i càlculs previs que han hagut de realitzar per tal que funcioni correctament.

Aquest projecte es basarà en un model inicial plantejat pel professor, on hi apareixeran quatre seccions a treballar més una final que serà l'acció final objectiu. Els alumnes podran combinar, modificar o ampliar aquestes seccions tant com vulguin, però sempre complint els mínims requisits establerts pel projecte, ja que la intenció és que tots els grups acabin construint una màquina que funcioni.

Al llarg d'aquest TFM s'anirà desenvolupant com aplicar aquest projecte, tant dins l'aula, com de quina manera donar-li forma dins del taller de tecnologia.

3. Objectius

Els objectius previstos per aquest TFM seran:

- Dissenyar un projecte que es pugui dur a terme a l'aula per l'ensenyament del bloc de màquines i mecanismes dins de l'assignatura de 3r d'ESO de tecnologia.
- Despertar l'interès per la mecànica i donar les eines als alumnes per que a través de l'experimentació i basant-se en el procés tecnològic siguin capaços de construir la seva pròpia màquina.
- Adaptar els continguts treballats per permetre la inclusió de tot l'alumnat que hi participi a l'aula.

4. Estat de l'art i justificació del treball

Existeixen infinitat de propostes de treballs per construir una màquina de Goldberg on descriuen pas a pas les accions a seguir, i és nombrosa la quantitat de vídeos que circulen a Internet mostrant el resultat final d'aquestes construccions.

En alguns blogs es poden trobar projectes ja realitzats en l'àmbit de l'educació secundària, però aquest es basen únicament en fer caure una canica o bola d'acer dins d'un circuit, on no hi apareixen cap tipus de mecanismes, tret d'alguna palanca o pla inclinat.

Diverses universitats americanes han desenvolupat material didàctic per aplicar la construcció d'una màquina de Goldberg tant a l'aula com per poder realitzar-ho per un mateix a casa. Existeix una gran varietat en el nivell d'aplicació, des de pre-escolar fins a educació secundària, variant el nivell de dificultat dels projectes realitzats.

Una d'aquestes universitats que han desenvolupat materials és la Universitat de Colorado a Boulder (3). On s'exposen exemples, activitats i temporitzacions

Pel que fa a estudis superiors també hi ha diverses universitats americanes que organitzen concursos entre els seus alumnes d'enginyeries amb la finalitat de construir la màquina de Goldberg més complexa possible, una d'aquestes universitats és la de Prude a Indiana, on anualment convoquen un certamen on tot gira al voltant de la màquina de Goldberg.

5. Metodologia

5.1. Currículum 3r ESO (Maquines i mecanismes)

Segons el Decret 187/2015 DOGC núm. 6945 (4), del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya, especifica que per l'assignatura de tecnologia en el tercer curs de ESO s'haurien de treballar els següents blocs curriculars:

- Procés tecnològic
- Estructures
- Màquines i mecanismes
- Comunicacions
- Programació d'aplicacions

Amb el projecte que es planteja en aquest treball es vol donar cabuda als blocs que contenen els continguts de Procés tecnològic i Màquines i Mecanismes, els quals es desenvolupa en la següent taulaquina relació hi tindrien amb el projecte a treballar.

Continguts curriculars de 3r ESO	Com es treballen en el projecte
El procés tecnològic <ul style="list-style-type: none">- Planificació completa del procés tecnològic.- Disseny de proves per avaluar el producte tecnològic realitzat.- Valoració de la sostenibilitat del producte tecnològic realitzat.- Presentació final del projecte fent ús d'eines multimèdia i programari específic: simuladors, material interactiu, programari de disseny assistit per ordinador (DAO).	<ul style="list-style-type: none">- Planificació de la màquina a construir per tal d'arribar al objectiu inicial plantejat.- Avaluar el funcionament de la màquina mitjançant la prova del seu funcionament i corregint en cas de no funcionament.- Fer un balanç dels recursos utilitzats i afavorir la reutilització de materials reciclats- Presentació del projecte a la resta de la classe.
Màquines i mecanismes <ul style="list-style-type: none">- Anàlisi d'objectes quotidians i construccions simples.- Mecanismes per a la transmissió i transformació del moviment i la seva funció en diferents màquines.	<ul style="list-style-type: none">- Observar la importància de les màquines simples i mecanismes en el funcionament de la majoria d'objectes que ens envolten.- Utilització de mecanismes en la construcció de la màquina.

<ul style="list-style-type: none"> - Anàlisi de mecanismes mitjançant aplicacions digitals. - Disseny, desenvolupament i avaluació de projectes amb mecanismes i associacions de mecanismes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fer servir simuladors virtuals per a la comprensió i anàlisi dels continguts relacionats amb els mecanismes. - Construcció de la màquina seguint el procés tecnològic.
--	---

5.2. Encaix material proposat en programació de curs

L'aplicació d'aquest projecte es duria a terme durant la realització de la unitat didàctica de màquines i mecanismes, es amb el desenvolupament i descobriment dels diferents elements que componen una màquina de Goldberg que es pretén fer de fil conductor dins d'aquesta unitat didàctica.

Al tractar-se d'un projecte pensat per ser treballat en grup i tant a l'aula com al taller de tecnologia, s'hauria de treballar en grups de treballs que coincideixin en ambdues hores lectives de la matèria.

5.3. Competències treballades a aquesta part del curs de 3r d'ESO.

Segons el Decret 187/2015 DOGC núm. 6945, del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya, especifica que per l'assignatura de tecnologia en el tercer curs de ESO s'haurien de treballar les següents competències bàsiques:

- Competència 7. Utilitzar objectes tecnològics de la vida quotidiana amb el coneixement bàsic del seu funcionament, manteniment i accions a fer per minimitzar els riscos en la manipulació i en l'impacte mediambiental.
- Competència 8. Analitzar sistemes tecnològics d'abast industrial, avaluar-ne els avantatges personals i socials, així com l'impacte en la salubritat i el medi ambient.
- Competència 9. Dissenyar i construir objectes tecnològics senzills que resolguin un problema i avaluar-ne la idoneïtat del resultat.

Totes aquestes competències es veurien reflectides en aquest projecte en el moment en que s'aplica el procés tecnològic en el disseny i construcció del prototip final de la màquina confeccionada pels alumnes.

5.4. La diversitat de l'aula

Per tal de donar cabuda i fer partícip del projecte a tot l'alumnat que hi participi d'ell, és important que hi hagi una inclusió real a l'aula de tots els alumnes NEE (necessitats educatives especials), aquests alumnes ja han de tenir desenvolupat un PI de l'assignatura on s'indiqui de quina manera s'adaptaran els continguts treballats i com s'avaluaran, així com els suports a l'aula del que disposaran aquests alumnes.

Pel que respecta al projecte el primer pas a tenir en compte és la formació de grups de treball, on la figura del professor és primordial per tal de vetllar per una bona inclusió de tots aquests alumnes en els diferents grups. Tal i com s'indica en l'apartat 6.1.

Disseny i càlcul (aula), serà el professor l'encarregat de la formació dels grups per tal de que hi hagi una distribució homogènia i cap alumne es senti exclòs en la participació del projecte. Segons el grau d'adaptació en cada cas, es farà un major treball amb els simuladors de mecanismes per tal de que els alumnes amb més dificultats arribin a entendre el funcionament dels mecanismes, sense si s'arribés a donar el cas, arribar a realitzar càlculs de relacions de transmissió o forces aplicades. D'aquesta manera aconseguirem que tots els alumnes que formen part del projecte siguin coneixedors del funcionament de la màquina com a objectiu inicial del projecte.

A l'hora de treballar en grup, els propis membres del grup s'hauran de repartir les tasques de manera que cadascú pugui realitzar aquella tasca de la major manera possible, aquest fet el tindrà en compte el professor a l'hora de reforçar aquest grup i a l'hora d'avaluar. El simple fet de realitzar un treball cooperatiu ja fa que aquesta inclusió sigui natural i els propis companys del grup s'ajudin entre ells per tal d'assolir els objectius que cadascú pugui assolir.

Algunes de les recomanacions que poden ajudar a aquesta adaptació dels continguts poden ser:

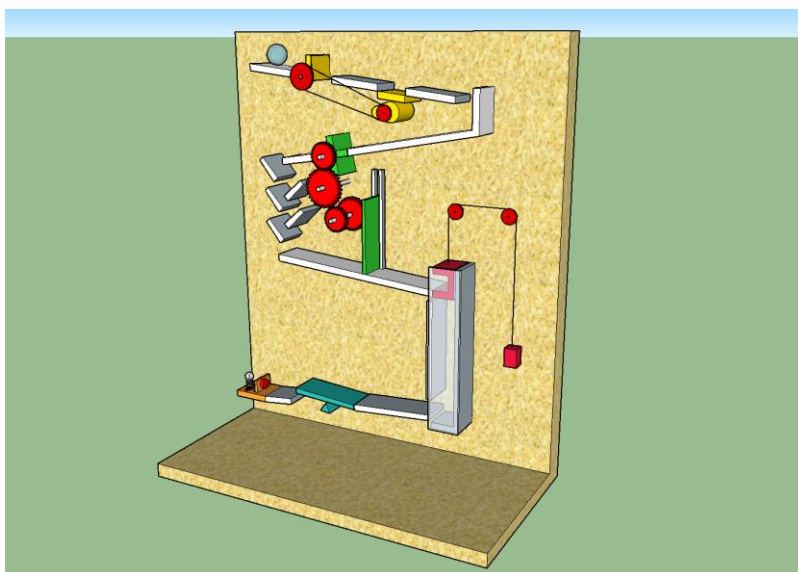
- En petit grup explicar els continguts relacionats amb el tema a treballar ajudant-se dels simuladors, resolent els dubtes que vagin sortint en el moment.
- Donar més marge de temps per a realitzar les activitats proposades.
- Adaptar en nivell les activitats proposades.
- Donar més pes a l'apartat d'actitud i potenciar en cada cas aquelles parts del projecte on es desenvolupi millor l'alumne (Càlculs, disseny, construcció, presentació..)
- Valorar molt positivament el treball realitzat i encoratjar al grup a que tots es sentin partícips del projecte.

Pel que fa a la part pràctica del projecte que es realitza al taller, segons el grau de dificultat en la manipulació d'eines que pugui arribar a tenir un alumne, seria recomanable comptar amb l'ajuda d'algun membre de la SIEI o vetlladora que ajudessin a que el treball al taller dels alumnes fos el més normalitzat possible, per això és molt important que en cas de que hi participin alumnes amb NEE al projecte, el

professor es coordini amb la SIEI per valorar de quina manera es podrà adaptar el projecte aquests alumnes.

S'ha de tenir en compte també la possibilitat de tenir alumnes amb altes capacitats entre l'alumnat. En aquest cas el projecte dona molt marge de joc per fer ampliacions en cadascuna de les seccions de la màquina treballada. En el cas de que en algun dels grups de treball hi hagi un alumne amb altes capacitats s'hauria d'engrescar a tot el grup a realitzar una màquina més complexa, fent que en les seccions intervinguin més elements, donant així un extra de dificultat a la màquina i motivant a l'alumnat a la resolució d'aquest nou repte. L'alumne amb altes capacitats en certa manera haurà d'exercir de líder del grup, sobre tot pel que fa al tema de càlculs, això no vol dir que altres alumnes no tinguin millors capacitats en la part manipulativa. És per aquest motiu que s'haurà de prestar especial atenció en aquests casos per evitar que no hi hagin discussions o enfrontaments.

6. Desenvolupament del treball



Prototip de màquina de Goldberg a construir

El projecte que es dur a terme es planteja com un treball global dins l'aula i el taller de tecnologia.

El projecte es dividirà en diferents fases, on s'aniran desenvolupant les diferents seccions que componen la màquina, en cadascuna d'aquestes seccions es treballaran diferents mecanismes. Primer a l'aula s'exposarà la secció a treballar i de quins mecanismes esta composta, el professor mitjançant explicacions teòriques, simuladors, activitats i exercicis, ensenyarà els diferents continguts que corresponen als mecanismes en qüestió. Un cop els alumnes han adquirit aquests continguts els tocarà dissenyar i calcular com haurà de ser aquella secció de la seva màquina.

Un cop els alumnes ja tenen el disseny i els càlculs realitzats tocarà que hi donin forma al taller. Amb el material que disposi el departament de tecnologia els alumnes hauran de construir les diferents seccions i avaluar el seu funcionament tot aplicant el procés tecnològic, en cas d'algun error de càlcul o disseny els hi tocarà fer les modificacions oportunes.

Posteriorment cada grup d'alumnes haurà de presentar el seu projecte a la resta de companys.

6.1. Disseny i càlcul (aula)

Mitjançant diferents activitats a l'aula els alumnes treballaran els diferents mecanismes que hi han d'aparèixer en cadascuna de les seccions de la màquina. Els alumnes disposaran d'un dossier on aniran desenvolupant els càlculs i dissenys de la seva màquina a mode de memòria, per posteriorment donar-li forma en el taller. També es demana als alumnes que realitzin un model 3D de la màquina on aniran afegint

aquelles parts de la màquina que van dissenyant per tenir un disseny més complert del que han de construir posteriorment al taller. És important que els alumnes ja hagin fet servir prèviament aquest tipus de programes i en tinguin un bon coneixement del seu ús, tot i així es poden dedicar unes sessions a repassar el seu funcionament.

En aquesta part del projecte es formaran grups de treball per tal de que realitzin el disseny i construcció de la seva pròpia màquina de Goldberg. Es formaran grups de 4 membres, l'elecció de distribució ha de ser a criteri propi del professor, però si que ha de vetllar per que els grups siguin homogenis i que siguin acompanyats tots els alumnes de l'aula.

6.2. Construcció (taller)

Paral·lelament al desenvolupament de la màquina de Goldberg al taller de tecnologia, els alumnes hauran de redactar una memòria on es faci constància del tot el procés tecnològic seguit per tal d'arribar al resultat final obtingut, en ell hi haurà d'aparèixer tot el que fa referència al disseny, càlculs i aspectes tècnics de la màquina.

Des de el primer curs de l'ESO s'ha fet menció i s'ha treballat el procés tecnològic. Es demana als alumnes que en la realització d'aquest projecte ho facin de la mateixa manera i segueixin els passos que marca el procés per tal d'arribar a assolir l'objectiu final del projecte.

- *Procés tecnològic aplicat a la màquina de Goldberg*



Esquema de procés tecnològic. Edu365.cat

- Idea principal: Quin és l'acció que volem desenvolupar? De quins mecanismes disposem i quines son les restriccions
- Recerca d'informació, quins models de màquines existeixen, pluja d'idees

- Disseny del prototip i càlculs
- Construcció del prototip
- Presentació del projecte

6.3. Fases del projecte

Aquest projecte es divideix en diferents fases per poder anar descobrint en cadascuna d'aquestes fases com poder construir la secció de la màquina que toca, abans però es proposa una fase inicial on es realitzarà una activitat de coneixements previs i de descoberta dels mecanismes. Cada fase dura unes quantes sessions i aquestes es divideixen en diferents activitats on anar treballant tots els continguts del bloc curricular.

Les fases que componen el projecte són les següents:

- **FASE A. INICIAL**
- **FASE B. SECCIÓ 1, PALANQUES**
- **FASE C. SECCIÓ 2, POLITGES I POLIPAST**
- **FASE D. SECCIÓ 3, ENGRANATGES RECTES, CADENES I PINYÓ-CREMALLERA**
- **FASE E. SECCIÓ 4, CORRETGES I LLEVA**
- **FASE F. TREBALL, POTENCIA I RENDIMENT**
- **FASE G. SECCIÓ 5, CIRCUIT ELÈCTRIC, LLEI D'OHM**

Tot seguit es desenvolupa com es duran a terme aquestes fases, la temporització, material i espais necessaris.

FASE A. INICIAL

Descripció de la fase del projecte a realitzar:

Amb aquesta activitat s'introduirà el tema a treballar i que donarà peu a la realització posterior de la màquina.

Com que la realització del projecte coincideix amb l'inici d'una nova unitat didàctica i de continguts fins ara no treballats a l'assignatura, cal que aquesta introducció en matèria desperti l'interès i sigui el màxim d'entenedora pels alumnes.

Part 1 (aula)

El professor projectarà una animació sobre el funcionament d'una màquina de Goldberg i preguntarà als alumnes un seguit de qüestions que han d'analitzar. L'animació pot ser qualsevol escollida pel professor o algun vídeo on es mostri el funcionament d'una d'aquestes.

En aquest cas es proposa la següent animació:

<http://www.tecnoloxia.com/mecanismos/> (5)

Qüestions a resoldre individualment un cop visualitzat i analitzada l'animació

- Quina operació fa aquesta màquina?
- Quina és la força o acció que inicia el funcionament de la màquina?
- Quants elements diferents hi trobes a la màquina?
- Descric pas a pas com van intervenint els diferents elements i com es van accionant.
- Quin sentit creus que té un invent d'aquest tipus? Quin altre invent complex creus que podries inventar i per a quina acció seria?

Un cop els alumnes hagin respost les preguntes, s'analitzaran i es posaran en comú amb tot el grup classe.

Part 2 (aula)

El professor presentarà el projecte en el que treballaran els alumnes en les pròximes sessions, per això projectarà un parell de vídeos per motivar a l'alumnat i donar-los una idea de quin és l'objectiu de màquina que han de construir.

El primer vídeo que es proposa de visionar és el videoclip *This Too Shall Pass* del grup de música Ok Go (6), on durant tota la cançó es veu el funcionament d'una màquina de Goldberg a gran escala.

Link del videoclip: <https://www.youtube.com/watch?v=qybUFnY7Y8w&t=50s>

Com que realitzar una màquina amb aquest tipus de complexitat seria molt complicat es proposa el visionat d'un segon vídeo d'una màquina que s'apropa més al prototip de màquina que volem construir.

Link del vídeo(7): <https://www.youtube.com/watch?v=PKh3isOa3zc>

Un cop visionats els dos vídeos el professor mostrarà un model 3D de com hauria de ser aquesta màquina, indicant les diferents seccions que componen la màquina i que en cadascuna d'aquestes seccions s'aniran treballant diferents mecanismes. Tot seguit es formaran els grups de treball i s'entregaran els dossiers on anar treballant les diferents activitats que componen el projecte.

Temporització:

Aquesta fase es desenvoluparà en una única sessió a l'aula.

Part 1

- | | |
|---|-----------|
| - Projectió d'animació i resolució de qüestionari per part dels alumnes | 20 minuts |
| - Posada en comú en grup classe | 10 minuts |

Part 2

- | | |
|--|-----------|
| - Projectió de vídeos | 10 minuts |
| - Mostra del prototip i explicació de les seccions | 10 minuts |
| - Formació de grups | 10 minuts |

Objectius:

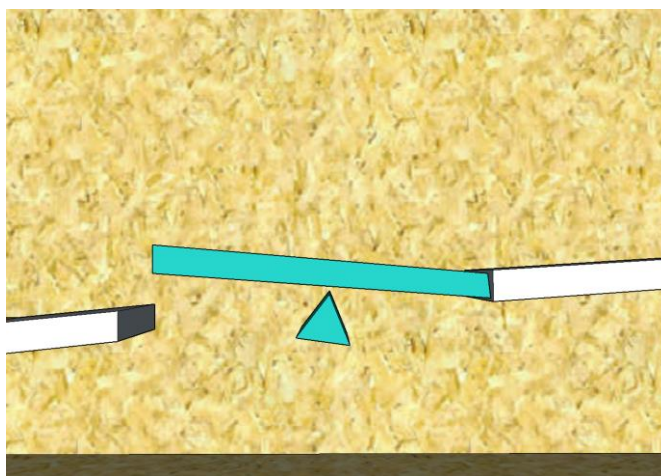
Aquesta primera activitat pretén introduir els alumnes en el temari d'una manera més dinàmica i intentant despertar l'interès des de l'experimentació i l'anàlisi de diferents simuladors que facin més fàcil l'assimilació del funcionament d'aquests mecanismes.

És molt important presentar aquests mecanismes com a una eina vital pel desenvolupament i funcionament de totes aquelles màquines que ens envolten, apart ficar en valor el treball que fan i que normalment queda ocult sota les carcasses o motors de les màquines.

Material:

Per aquesta sessió a l'aula tant sols cal un projector on poder visionar les simulacions i vídeos proposats

FASE B. SECCIÓ 1, PALANQUES



Secció 1 del prototip, palanca

Descripció de la fase del projecte a realitzar:

En aquesta fase del projecte es contempla treballar les palanques, una de les màquina simples més comunes i utilitzades.

Part 1 (aula)

Es realitzarà una explicació teòrica del concepte de palanca i els diferents tipus de palanques que existeixen (primer, segon i tercer grau). Es disposa d'una gran varietat de simuladors i exemples que el professor pot fer servir per tal de que els alumnes

entenguin els conceptes. Junt amb l'explicació teòrica es proposa realitzar un seguit d'exercicis de palanques per tal que els alumnes posin en practica l'aprés. Per avaluar que s'han entès aquest conceptes es realitzarà un activitat amb *Socratica* on els alumnes faran una petita prova de continguts.

Part 2 (aula)

En aquesta part de la fase B, un cop ja saben com calcular palanques, cada grup haurà de dissenyar i calcular com serà la palanca que formarà part de la secció 1 de la seva màquina. Es demana que facin un model 3D d'aquesta secció de la màquina i que realitzin els càlculs necessaris per que aquesta palanca funcioni en el conjunt de la màquina. Tot ha de quedar documentat al dossier del projecte.

Part 3 (taller)

Un cop ja s'ha dissenyat i calculat com ha de ser la palanca que formarà part de la màquina, toca donar-li forma al taller. Els alumnes hauran de construir aquesta part de la màquina amb el material que hagin escollit. És molt important que els alumnes hagin fet un bon disseny de la palanca i portin un croquis o plànol a poder ser per tal de facilitar les tasques de construcció.

Temporització:

Aquesta fase consta de tres sessions, dos es realitzaran a l'aula i una al taller, en cas de que en una sessió de taller no doni temps a construir la palanca, s'haurà d'afegir una sessió més.

Part 1

- | | |
|--|-----------|
| - Explicació teòrica i resolució de problemes de palanques | 40 minuts |
| - Activitat <i>Socratica</i> sobre palanques | 20 minuts |

Part 2

- | | |
|--|-----------|
| - Disseny, càlcul i modelatge 3D de la palanca | 60 minuts |
|--|-----------|

Part 3

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| - Construcció de la palanca al taller | 60 minuts |
|---------------------------------------|-----------|

Objectius:

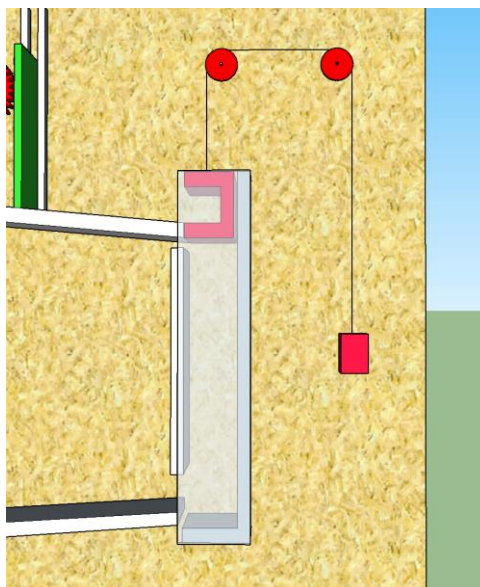
L'alumne ha de veure que la palanca és una màquina que té com a funció transmetre una força. Es pot fer servir per incrementar la força mecànica, la velocitat o la distància recorreguda, i que depenent de la col·locació del punt de suport, hi ha palanques de primer, segon i tercer grau.

Material:

Disseny i creació d'una màquina de Goldberg com a projecte educatiu a 3r d'ESO

Per a la sessions que es realitzen a l'aula caldrà que els alumnes disposin de telèfon mòbil o tauletes per a realitzar l'activitat de *Socrative*. Pel modelatge en 3D de la palanca els alumnes han de fer servir ordinadors. Per tal de poder construir la palanca serà necessari disposar de materials de fusta o plàstics per la creació de la palanca.

FASE C. SECCIÓ 2, POLITGES I POLIPASTOS



Secció 2 del prototip, ascensor

Descripció de la fase del projecte a realitzar:

En aquesta fase del projecte es treballaran els mecanismes de politges i polipastos. Mitjançant la construcció d'un ascensor que permetrà que la bola continuï el seu recorregut, els alumnes treballaran el funcionament d'aquest mecanismes i hauran de trobar quina combinació els hi funciona millor en la seva màquina.

Part 1 (aula)

Es realitzarà una explicació teòrica del funcionament de les politges i polipastos, indicant les seves diferències i de quina manera calcular l'esforç a realitzar en cadascun dels casos. Es disposa d'una gran varietat de simuladors i exemples que el professor pot fer servir per tal de que els alumnes entenguin el funcionament de les dues màquines simples. Junt amb l'explicació teòrica es proposa realitzar un seguit d'exercicis de politges i polipastos per tal que els alumnes posin en practica l'aprés.

Part 2 (aula)

En aquesta part de la Fase C, els alumnes hauran de calcular com construiran el seu ascensor i quin sistema faran servir per la seva secció, un cop decidit, hauran de demostrar amb càlculs el seu funcionament i fer un disseny 3D de la secció a construir.

Part 3 (taller)

En el taller els alumnes hauran de construir aquest ascensor prèviament dissenyat i calculat a l'aula. Hauran de comprovar el seu correcte funcionament i en cas d'error, refer els càlculs o el disseny per tal de que funcioni correctament.

Temporització:

Part 1

- Explicació teòrica i resolució de problemes de politges i polispastos 60 minuts

Part 2

- Disseny, càlcul i modelatge 3D de l'ascensor 60 minuts

Part 3

- Construcció de la secció de l'ascensor al taller 120 minuts

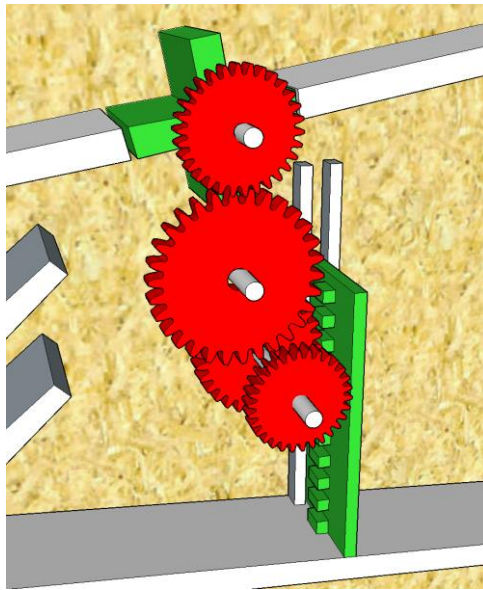
Objectius:

En aquesta Fase del projecte, l'alumne ha d'entendre que la politja s'utilitza com a element de transmissió del moviment i que el polispast és un sistema de politges que permeten la disminució de la força aplicada.

Material:

Per a la realització d'aquesta fase del projecte serà necessari disposar de politges i materials de construcció al taller, per tal de donar forma aquesta secció de la màquina. Pel modelatge en 3D de l'ascensor, els alumnes han de fer servir ordinadors.

FASE D. SECCIÓ 3, ENGRANATGES RECTES, CADENES I PINYÓ-CREMALLERA



Secció 3 del prototip, sistema d'engranatges

Descripció de la fase del projecte a realitzar:

En aquesta fase del projecte es treballaran els mecanismes en que es fan servir rodes dentades, com són els engranatges rectes, les cadenes i el pinyó-cremallera.

Per tal de facilitar la comprensió i assimilació del concepte de relació de transmissió es proposa als alumnes de realitzar una activitat estudiant el funcionament d'un grup de transmissió d'una bicicleta i l'evolució de la bicicleta al llarg de l'història.

Part 1 (aula)

Es realitzarà una explicació teòrica del concepte de relació de transmissió en engranatges rectes i amb cadenes. Es disposa d'una gran varietat de simuladors i exemples que el professor pot fer servir per tal de que els alumnes entenguin els conceptes de R_t i quina relació existeix amb el número de dents de la roda i la seva velocitat motriu, així com fer una reductora de velocitat o de quina manera invertir el sentit de gir dels engranatges. Junt amb l'explicació teòrica es proposa realitzar un seguit d'exercicis d'engranatges per tal que els alumnes posin en practica l'apréns. Per avaluar que s'han entès aquest conceptes es realitzarà una activitat sobre l'evolució de la bicicleta i els seus components al llarg de l'història tot treballant una infografia on es pretén que l'alumne faci una cerca d'informació i treballi les relacions de transmissió.

Part 2 (aula)

Durant aquesta part, i un cop assimilats tots els conceptes referents als engranatges amb rodes dentades, es demana als alumnes que facin un model 3D d'aquesta secció de la màquina i que realitzin els càlculs necessaris per que aquest sistema d'engranatges sigui capaç d'obrir la comporta que permeti el pas de la bola dins del

circuit. Es dona llibertat als alumnes per que en el sistema construït intervinguin les rodes dentades que ells considerin oportunes, així com la possibilitat de fer servir cadenes, engranatges cònics, reductores i pinyons-cremallera. Tot ha de quedar documentat al dossier del projecte.

Part 3 (taller)

Un cop ja s'ha dissenyat i calculat com ha de ser el sistema d'engranatges que formarà part de la màquina, toca donar-li forma al taller. Els alumnes hauran de construir aquesta part de la màquina amb el material que hagin escollit. És molt important que els alumnes hagin fet un bon disseny del sistema i portin un croquis o plànol a poder ser per tal de facilitar les tasques de construcció.

Temporització:

Aquesta fase consta de cinc sessions, dos es realitzaran a l'aula i dos al taller, en cas de que en dos sessions de taller no doni temps a construir el sistema d'engranatges, s'haurà d'afegir una sessió més.

Part 1

- | | |
|---|-----------|
| - Explicació teòrica i resolució de problemes d'engranatges | 40 minuts |
| - Activitat sobre els engranatges de les bicicletes
(feina per començar a l'aula i continuar a casa) | 20 minuts |

Part 2

- | | |
|--|-----------|
| - Disseny, càlcul i modelatge 3D del sistema d'engranatges | 60 minuts |
|--|-----------|

Part 3

- | | |
|---|------------|
| - Construcció del sistema d'engranatges al taller | 180 minuts |
|---|------------|

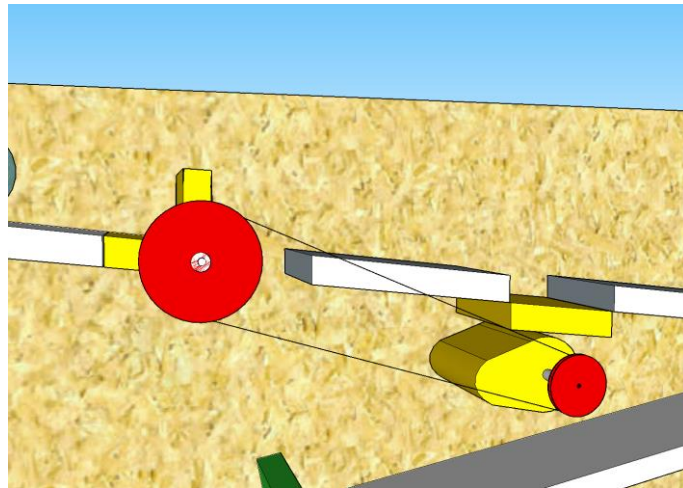
Objectius:

Els alumnes han de ser capaços d'entendre que la relació de transmissió és la relació que hi ha entre la velocitat de l'eix de sortida i l'eix d'entrada.

Material:

Pel modelatge en 3D del sistema d'engranatges els alumnes han de fer servir ordinadors. Per a la construcció del sistema al taller cal disposar de rodes dentades, cadenes, eixos i tot tipus de material necessari per tal de que es pugui construir el sistema.

FASE E. SECCIÓ 4, CORRETGES I LLEVA



Secció 4 del prototip, sistema de corretges i lleva

Descripció de la fase del projecte a realitzar:

En aquesta part del projecte es pretén treballar les corretges i lleves amb la construcció d'una secció de la màquina on una plataforma s'eleva i permetrà la circulació de la bola. Aquesta plataforma s'haurà d'eleva gràcies a un sistema accionat per corretges conduïdes que han de fer moure una lleva, que permetrà l'elevació d'aquesta plataforma.

Part 1 (aula)

Amb el concepte de relació de transmissió ja après en la secció 3, es farà una petita explicació de com fer aquest càlcul en corretges conduïdes i com invertir en sentit de gir, també s'explicarà el funcionament de la lleva i es mostrarà el funcionament amb algun vídeo o simulador. Tot seguit es proposarà un seguit d'exercicis a resoldre per assimilar els continguts.

Part 2 (aula)

Durant aquesta part, i un cop assimilats tots els conceptes referents a corretges i lleves, es demana als alumnes que facin un model 3D d'aquesta secció de la màquina i que realitzin els càlculs necessaris per que aquest sistema de corretges i lleva sigui capaç d'eleva la plataforma que permetrà el pas de la bola pel circuit. Es dona llibertat als alumnes per que en el sistema construït intervinguin les corretges que ells considerin oportunes. També hauran de fer el disseny de la lleva a construir. Tot ha de quedar documentat al dossier del projecte.

Part 3 (taller)

Un cop ja s'ha dissenyat i calculat com ha de ser el sistema de corretges i lleva que formarà part de la màquina, toca donar-li forma al taller. Els alumnes hauran de construir aquesta part de la màquina amb el material que hagin escollit. És molt important que els alumnes hagin fet un bon disseny del sistema i portin un croquis o plànol a poder ser per tal de facilitar les tasques de construcció.

Temporització:

Aquesta fase consta de cinc sessions, dos es realitzaran a l'aula i tres al taller, en cas de que en tres sessions de taller no doni temps a construir el sistema d'engranatges, s'haurà d'afegir una sessió més.

Part 1

- | | |
|--|-----------|
| - Explicació teòrica i resolució de problemes de corretges | 40 minuts |
| - Activitats sobre corretges conduïdes
(feina per començar a l'aula i continuar a casa) | 20 minuts |

Part 2

- | | |
|---|-----------|
| - Disseny, càlcul i modelatge 3D del sistema de corretges | 60 minuts |
|---|-----------|

Part 3

- | | |
|--|------------|
| - Construcció del sistema de corretges al taller | 180 minuts |
|--|------------|

Objectius:

Els alumnes han d'entendre i assimilar que les politges i les corretges transmeten el moviment circular de la roda motriu o conductora fins a la roda arrossegada o conduïda.

Material:

Per el modelatge en 3D del sistema de corretges els alumnes han de fer servir ordinadors. Per a la construcció del sistema al taller cal disposar de politges, gomes o cordills, eixos i tot tipus de material necessari per tal de que es pugui construir el sistema.

FASE F. TREBALL, POTÈNCIA I RENDIMENT

Descripció de la fase del projecte a realitzar:

Un cop finalitzat tot el circuit de la màquina per on desplaçarà la bola en la seva reacció en cadena, els alumnes hauran de calcular quin treball, potència i rendiment es produeix en alguna de les seccions de la seva màquina.

Part 1 (aula)

Es plantejarà als alumnes de quina manera poden determinar quina màquina és millor que les altres, de quina manera podrien determinar quina funciona millor. En els grups de treball ja formats es proposarà que intentin determinar de quina manera podrien mesurar aquesta eficiència de la màquina. Es deixaran uns 20 minuts per que els

alumnes intentin esbrinar aquests conceptes, després serà el professor qui farà una explicació d'aquest continguts i es realitzaran uns exercicis per assimilar els continguts.

Part 2 (taller)

Un cop assimilats els continguts, els alumnes hauran de realitzar càlculs de potència i treball de les diferents seccions de la seva màquina. Com que el rendiment de la màquina difícilment es pot calcular, es demana als alumnes que pensin de quina manera farien que la màquina tingues un millor rendiment i facin una proposta de millora.

Temporització:

Part 1

- | | |
|--|-----------|
| - Exposició dels conceptes a treballar i raonament per part dels alumnes | 30 minuts |
| - Explicació dels conceptes de treball, potència i rendiment, resolució de problemes | 30 minuts |

Part 2

- | | |
|--|-----------|
| - Determinar treball, potència i rendiment de les diferents seccions de la màquina | 60 minuts |
|--|-----------|

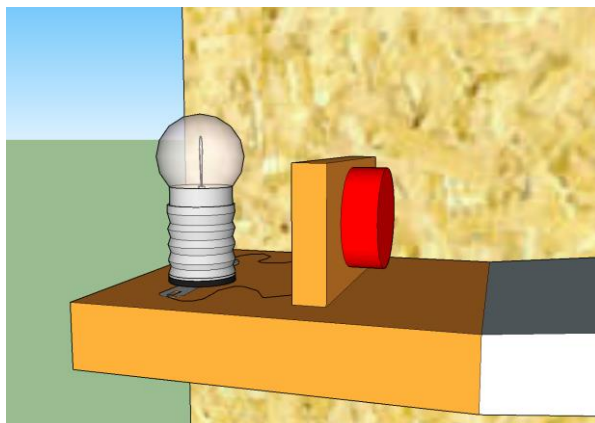
Objectius:

Els alumnes han de ser capaços d'entendre i aplicar que el treball és el producte de la força aplicada i la distància recorreguda per desplaçar un objecte. Que la potència és la quantitat de treball per unitat de temps i que el rendiment ens indica el percentatge de l'energia d'entrada que es converteix en treball útil.

Material:

Per aquesta fase del projecte els alumnes necessitaran la seva màquina ja construïda, un cronòmetre i calculadora per poder realitzar els diferents càlculs demanats.

FASE G. SECCIÓ 5, CIRCUIT ELÈCTRIC, LLEI D'OHM



Secció 5 del prototip, acció final

Descripció de la fase del projecte a realitzar:

Com a tota màquina de Goldberg hi ha d'haver una acció final, en aquesta l'objectiu final es la d'encendre una llum situada al final del circuit. Fent un repàs dels continguts referents a circuits elèctrics i llei d'Ohm, els alumnes hauran de fer que aquest llum s'engegui un cop s'ha produït tota la reacció en cadena.

Part 1 (aula)

Repàs dels continguts referents a circuits elèctrics (circuit en sèrie, paral·lel i mixt) i el referents a la llei d'Ohm (voltatge, intensitat i resistència). Es realitzaran un seguit d'exercicis de circuits elèctrics per tal de repassar aquests continguts.

Part 2 (aula)

Els alumnes hauran de dissenyar el circuit elèctric que incorporaran a la secció final de la màquina per tal de que s'encengui un llum.

Part 3 (taller)

En el taller els alumnes hauran de construir el circuit elèctric prèviament dissenyat a l'aula.

Temporització:

Aquesta fase consta de dos sessions, una es realitzarà a l'aula i l'altre al taller, en cas de que en una sessió de taller no doni temps a construir el circuit elèctric, s'haurà d'afegir una sessió més.

Part 1

- Explicació teòrica i resolució de problemes de circuits elèctrics i llei d'Ohm 40 minuts

Part 2

- Disseny, càlcul i modelatge 3D del circuit elèctric 20 minuts

Part 3

- Construcció del circuit elèctric 60 minuts

Objectius:

Repasar els continguts treballats al primer i segon curs de l'ESO i donar una acció final a la màquina de Goldberg construïda pels alumnes.

Material:

Per aquesta fase del projecte els alumnes necessitaran el necessari per construir un circuit elèctric; cables, pila, bombeta, porta bombeta i el necessari per a poder ubicar el circuit dins la màquina.

6.4 Resum de les fases i sessions a realitzar

	Aula		Taller	
Fase A	Part 1 i 2	1 sessió	-	-
Fase B	Part 1	1 sessió	Part 3	1 sessió
	Part 2	1 sessió		
Fase C	Part 1	1 sessió	Part 3	1 sessió
	Part 2	1 sessió		
Fase D	Part 1	1 sessió	Part 3	3 sessions
	Part 2	1 sessió		
Fase E	Part 1	1 sessió	Part 3	3 sessions
	Part 2	1 sessió		
Fase F	Part 1	1 sessió	-	-
	Part 2	1 sessió		
Fase G	Part 1 i 2	1 sessió	Part 3	1 sessió

Taula resum de les diferents fases i sessions

7. Material/guia pel professor

Per la realització d'aquest projecte els alumnes hauran de disposar del material necessari per a la realització de la màquina. Depenent del material disponible es podrà realitzar una màquina amb menys o més elements. A part si el centre disposa d'una impressora 3D, els alumnes mateixos poden arribar a confeccionar aquelles parts o elements de la màquina que necessitin.

Elements indispensables per a la realització de la màquina són els necessaris per a poder construir palanques, politges, engranatges rectes i amb cadena, i els necessaris per a crear una estructura de suport de tots els mecanismes que intervenen en la màquina.

Per al desenvolupament dels diferents continguts que es van treballant en el aula, el professor disposa d'una gran quantitat de simuladors online que pot fer servir per ajudar a l'exposició d'aquest continguts, tot seguit es fa menció d'alguns d'aquests recursos.

<https://auladetecnologias.blogspot.com/2009/03/simulacion-de-mecanismos.html> (8)

<http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material022/index.html> (9)

<http://www.tecnoloxia.com/mecanismos/> (5)

Tipus de moviments <https://youtu.be/OfOQKv1mjks> (10)

8. Avaluació

Una proposta d'avaluació del projecte és la següent, aquesta només contempla el projecte i les activitats relacionades. S'hauria de decidir en cada cas quin pes té sobre la nota de la unitat didàctica o del curs.

Activitat	Percentatge
Projecte (màquina de Goldberg)	60%
Socrative sobre palanques	10%
Infografia engranatges	10%
Exercicis potencia, treball i rendiment	10%
Actitud	10%

Rúbrica de treball sobre el projecte i construcció de la màquina de Goldberg

Concepte	Nivell 1-1punt	Nivell 2-2punts	Nivell 3-3punts	Nivell 4-4punts
Funcionament 20%	Gairebé no funciona res No compleix els objectius demanats al inici	Funciona alguna cosa i només compleix algun dels objectius inicials.	Funciona gairebé tot bé i compleix la majoria dels objectius inicials.	Funciona perfectament i compleix tots els objectius inicials.
Dificultat 10%	Poca dificultat. No treu cap tipus d'aprenentatge significatiu.	Es correspon a la mínima dificultat exigida pel seu nivell.	Aporta un valor superior al mínim esperat. Ha treballat més del requerit.	Nivell molt superior al esperat. Millores extres. Gran qualitat de treball
Acabat 10%	Està mal acabat: retallat, pintat, unions irregulars, estelles, massa silicona, les	Acabat mínim Algunes unions o connexions no ajusten. Excés de silicona	Acabat bo Superfícies i unions suaus. Les connexions entre els	Acabat perfecte Ben ajustat, les connexions entre els elements són

	connexions entre els elements no són correctes. Mal ús del material	o de material d'unió.	elements són correctes. Bon ús del material	perfectes.
Disseny 3D 15%	El model 3D no està gens treballat.	El model 3D ajuda a entendre el projecte però el nivell de desenvolupament és insuficient.	S'ha executat el model amb solvència però hi ha mancances en l'execució.	El model està molt ben plantejat i portat a terme, dona molta informació del projecte
Càlculs 20%	Els càlculs realitzats no han estat ben formulats i el resultat ha sigut erroni	Els càlculs realitzats han tingut algun error que han afectat al desenvolupament de la màquina	Els càlculs realitzats tenien algun error, els quals s'han modificat posteriorment	Els càlculs estaven correctament realitzats i permetia un correcte funcionament de la màquina
Memòria 10%	La memòria no recull la informació demanada, hi falten elements: títol, fotos, càlculs..	La memòria està ben presentada però hi falten continguts.	La memòria és correcta tant de presentació com de continguts.	La memòria està molt ben presentada i recull tots els continguts demanats.
Seguretat 5%	El grup es despista molt i sovint juga. No sempre compleix les normes de seguretat. Sovint no recull, ni neteja.	El grup treballa el mínim requerit. Compleix les normes de seguretat. Recull i neteja quan li dius	El grup treballa amb responsabilitat. Sempre compleix les normes de seguretat, recull i neteja	Molt bon treball de grup, ajudant a complir les normes, a recollir i a netejar
Exposició oral 10%	L'exposició no ha estat ben preparada i s'han comés errors	L'exposició ha sigut correcta però es podria haver treballat més, no tots els membres del grup han treballat per igual.	L'exposició ha estat preparada però han quedat algunes parts per explicar	L'exposició ha estat ben preparada, tots els membres del grup hem participat i hem resolt tots els dubtes.
Per obtenir la nota final s'ha de multiplicar els punts obtinguts de cada apartat pel percentatge i sumar la puntuació de cada apartat. NA=0-1,5 punts, AS=1,6 i 2,5 punts, AN=2,6 i 3,5 punts, AE= 3,6 i 4 punts.				

9. Conclusions i treball de futur

Un cop realitzada la memòria d'aquest treball final de màster s'ha realitzat el treball que es proposa construint la màquina de Goldberg que es demana als alumnes que realitzin per tal de treballar els continguts anteriorment mencionats. Aquesta construcció del prototip s'ha realitzat per avaluar la viabilitat de portar aquest projecte al taller i detectar amb quins problemes i inconvenients es podrien arribar a trobar els alumnes en cas de seguir el plantejat en aquest treball final de màster.

Aquestes són algunes de les dades o conclusions que s'han extret un cop realitzat el prototip.

- Temporització

Una de les parts que ha suposat una major dedicació de temps ha sigut la que es correspon amb el disseny de la màquina i en pensar com es relacionaran els diferents mecanismes que componen la màquina, ja que hi ha un gran ventall de possibilitats però saber com donar-lis forma suposa tenir un cert coneixement de mecànica i haver treballat prèviament amb mecanismes. És per aquest motiu que es proposa pausar molt quins són els mecanismes que es treballaran en cada secció de la màquina i orientar molt a l'alumne de com fer que connectin entre ells.

Pel que fa a la construcció de tot el conjunt de la màquina, s'han dedicat al voltant d'unes 10 hores per part de l'autor d'aquest TFM, si extrapolem al ritme de treball d'alumnes de tercer de la ESO, tot i ser conscient que ens podem trobar molts perfils d'alumnes, s'hauria de calcular que només en la construcció de la màquina s'haurà de dedicar entre unes 15 i 30 hores en la construcció de les diferents seccions de la màquina i que totes acabin connectades entre elles. Tot això correspon a un increment de les hores de dedicació del taller d'entre el 50% o el 300% de les hores previstes.

Aquest increment d'hores, el qual és totalment orientatiu, pot fer prendre la decisió de que tant sols es construeixi una màquina per grup classe i que els diferents grups treballin cadascun una de les diferents seccions de la màquina i connectant-les finalment amb la de la resta de grups per tal d'aconseguir el resultat final.

- Possibles millores

Aquest projecte dona joc a moltes millores i ampliacions, des d'afegir més mecanismes, introduir elements robòtics prèviament programats, o treballar interdisciplinament amb altres matèries. Aquest projecte és una base des d'on poden anar afegint diferents seccions o col·laboracions depenent el grup classe amb el que treballem i els coneixements previs que tinguin sobre disseny assistit per ordinador, programació i robòtica, i treball amb materials al taller.

10. Referències i bibliografia

1. RUBE GOLDBERG, *Self-operating napkin* [il·lustració]. CBS news, The wacky inventions of Rube Goldberg [Consulta: 3 agost 2019]. Disponible a: <https://www.rubegoldberg.com/artwork/self-operating-napkin/>
2. RAMON SABATER, *Maquina de recoger ropa* [il·lustració]. Jesús Jiménez. Los grandes inventos del TBO tan divertidos como ¿irrealizables? [en línia]. RTVE noticias 24/10/2017 [Consulta: 8 setembre 2019]. Disponible a: <http://www.rtve.es/noticias/20171024/grandes-inventos-del-tbo-tan-divertidos-como-irrealizables/1629243.shtml>
3. UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER [en línia] *TEACH ENGINEERING. Hands-on Activity: Design and build a Rube Goldberg*, 2019 [Consulta: 13 juliol 2019]. Disponible a: https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_simp_machines_lesson05_activity1
4. DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT *Decret 187/2015, de 25 d'agost, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria*. CVE-DOGC-A-15237051-2015
5. ANTONIO LOMBA BAZ *Mecanismos* [en línia]. [Consulta: 13 juliol 2019] Disponible a: <http://www.tecnoloxia.com/mecanismos/>
6. OK GO *This Too Shall Pass – Rube Goldberg Machine- Official vídeo* [en línia]. [Consulta: 13 juliol 2019]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=qybUFnY7Y8w&t=50s>
7. PYTHAGORA STUDIO *Pita Shigora Switch No. 27* [en línia]. [Consulta: 13 juliol 2019]. Disponible a: <https://www.youtube.com/watch?v=PKh3isOa3zc>
8. AMELIA TIerno *AULA DE TECNOLOGIA* [en línia] Simulación de mecanismos, 1 de març de 2014. [Consulta: 13 juliol 2019]. Disponible a: <https://auladetecnologias.blogspot.com/2009/03/simulacion-de-mecanismos.html>
9. MINISTERIO EDUCACION Y CIENCIA *Materiales, mecanismos* [en línia]. [Consulta: 13 juliol 2019]. Disponible a: <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material022/index.html>
10. VINCENT RYAN *Motion - Linear Motion - Rotary Motion - Reciprocating Motion - Oscillating Motion* [en línia]. [Consulta: 13 juliol 2019]. Disponible a: <https://youtu.be/OfOQKv1mjks>

11. Annexes I (dossier de treball per l'alumne)

12. Annexes II. Fotografies del prototip